

Inhaltsverzeichnis

0	<i>Einleitung</i>	1
0.1	Naturwissenschaft und Theologie - Schlaglichter auf ein spannungsreiches Verhältnis	1
0.2	Inhaltliche und methodische Intentionen dieser Arbeit	15

Erster Teil: Erkenntnisumbrüche in den Naturwissenschaften und in der Mathematik

0	<i>Überblick</i>	27
1	<i>Die Quantenmechanik und ihre Bedeutung für ein neues Verständnis von Wirklichkeit</i>	28
1.1	Die Umgestaltung des traditionellen naturwissenschaftlichen Weltbildes durch die Quantenmechanik	28
1.2	Grundzüge der geschichtlichen Entwicklung der Quantenphysik von Max Planck bis zur Kopenhagener Deutung (1900-1926)	30
1.2.1	Die Begründung und Entwicklung der Quantentheorie (1900 bis 1924)	30
1.2.1.1	Überblick	30
1.2.1.2	Die Anfänge der Quantentheorie (Max Planck)	30
1.2.1.3	Anwendungen quantentheoretischer Konzepte (Albert Einstein)	33
1.2.1.4	Anfänge einer Quantentheorie des Atoms (Niels Bohr)	34
1.2.1.5	Die Entdeckung der Welleneigenschaft der Materie (Louis de Broglie)	36
1.2.2	Die Entwicklung der Quantenmechanik (1925 bis 1926)	38
1.2.2.1	Überblick	38
1.2.2.2	Ein erster Zugang zur Quantenmechanik: die Matrizenmechanik von Werner Heisenberg	38
1.2.2.3	Ein zweiter Weg zur Quantenmechanik: die Wellenmechanik von Erwin Schrödinger	41
1.2.2.4	Der Nachweis der Äquivalenz von Matrizen- und Wellenmechanik (Erwin Schrödinger)	42
1.2.2.5	Die wahrscheinlichkeitstheoretische Deutung der Wellenmechanik (Max Born)	43
1.3	Die Kopenhagener Deutung der Quantenmechanik	44
1.3.1	Zum Begriff	44
1.3.2	Die Problematik der Deutung mikrophysikalischer Phänomene am Beispiel des Welle-Teilchen-Dualismus	45
1.3.2.1	Materie und Strahlung bzw. Teilchen und Welle in der klassischen Physik	45
1.3.2.2	Die Entstehung und Entwicklung des Dualismusproblems	46

1.3.2.3	Das Doppelspaltexperiment	47
1.3.3	Die Heisenbergsche Unschärferelation	50
1.3.3.1	Formulierung und Interpretation	50
1.3.3.2	Unschärferelation und Welle-Teilchen-Dualismus	53
1.3.3.3	Zur Bedeutung der Unschärferelation als Grenze für Begriffe und Vorstellungen der klassischen Physik	54
1.3.4	Das Bohrsche Komplementaritätsprinzip	55
1.3.5	Weitere Aspekte der Kopenhagener Deutung	56
1.3.5.1	Die Beschreibung quantenmechanischer Prozesse	56
1.3.5.2	Das Verhältnis von Sprache und Wirklichkeit	59
1.3.5.3	Die Rolle des Beobachters bei der Analyse mikrophysikalischer Vorgänge	61
1.3.6	Die Frage nach der Kausalität	63
1.3.6.1	Wahrscheinlichkeit und Statistik in der Physik	63
1.3.6.2	Statistische Kausalität in der Quantenmechanik	64
1.4	Interpretationsprobleme der Quantenmechanik	68
1.4.1	Verborgene Parameter und Nichtlokalität	69
1.4.2	Der quantenmechanische Meßprozeß	73
2	<i>Umbrüche in den Wissenschaften durch die Chaosforschung</i>	76
2.1	Das Schlagwort von der Chaostheorie	76
2.2	Chaosforschung als Anfrage an die Naturwissenschaften	78
2.2.1	Der Einzug des „Chaos“ in die Wissenschaft	78
2.2.2	Infragestellung klassischer Prämissen der Naturwissenschaften	80
2.3	Chaotische Prozesse - Problemexposition an einem Beispiel	82
2.3.1	Das logistische Modell	82
2.3.1.1	Modellierung der Populationsdynamik biologischer Spezies	82
2.3.1.2	Ein erstes Modell zur Populationsdynamik	83
2.3.1.3	Ein verbessertes Modell zur Populationsdynamik - die logistische Gleichung	85
2.3.2	Die logistische Gleichung als Gegenstand der Chaostheorie	86
2.3.2.1	Erste Beobachtungen	86
2.3.2.2	Verletzte starke Kausalität	88
2.3.2.3	Die Unmöglichkeit langfristiger Prädiktion	89
2.3.2.4	Stabilität und Chaos	92
2.4	Grundfragen der Chaostheorie	94
2.4.1	Eigenschaften chaotischer Systeme	94
2.4.1.1	Endogen erzeugter chaotischer Bewegungsablauf	94
2.4.1.2	Deterministische Systemgleichungen von spezifischer Bauart	94
2.4.1.3	Sensitive Abhängigkeit von den Anfangsbedingungen	99
2.4.2	Grundprobleme der Naturwissenschaften als Themen der Chaostheorie	102
2.4.2.1	Fragen der Kausalität	102
2.4.2.2	Das Problem des Determinismus	107
2.4.2.3	Der Begriff der Komplexität	108
2.4.3	Ordnungsprinzipien im Chaos - die fraktale Geometrie	113
2.4.3.1	Die fraktale Geometrie und ihr Zusammenhang mit der Chaostheorie	113
2.4.3.2	Fraktale Objekte und fraktale Dimensionen	115

2.4.3.3	Selbstähnlichkeit bei Fraktalen	117
2.5	Zur Bedeutung der Chaosforschung für ein neues Wissenschafts- paradigma	120
3	<i>Grundlagenfragen der modernen Mathematik und Logik</i>	122
3.1	Die Grundlagendiskussion in der Mathematik und Logik - eine vernachlässigte Thematik	122
3.2	Nichteuklidische Geometrie, Logistik und Mengenlehre als Weg- bereiter bzw. Felder der Grundlagenforschung	125
3.2.1	Die nichteuklidische Geometrie und ihre Bedeutung für die Axiomatik	125
3.2.1.1	Das Parallelenpostulat	125
3.2.1.2	Die Entdeckung der nichteuklidischen Geometrie	127
3.2.1.3	Modelle nichteuklidischer Geometrien	130
3.2.1.4	Die Axiomatisierung der Geometrie durch David Hilbert	132
3.2.2	Grundbegriffe der Logistik	135
3.2.2.1	Logik und Logistik	135
3.2.2.2	Formale Systeme	138
3.2.2.3	Skizze der Aussagenlogik	144
3.2.2.4	Skizze der Prädikatenlogik	147
3.2.3	Die Anfänge einer mengentheoretischen Grundlegung der Mathematik und das Antinomienproblem	149
3.2.3.1	Begründung und Entwicklung der Mengentheorie im Abriß	149
3.2.3.2	Die Rolle des Unendlichen in der Cantorsche Mengenlehre	153
3.2.3.3	Einige Grundtatsachen der Mengenlehre	157
3.2.3.4	Die Antinomien in der Cantorsche Mengenlehre	160
3.2.4	Das Antinomienproblem als Auslöser der Grundlagendiskussion	166
3.3	Der Logizismus	169
3.3.1	Der Grundgedanke des logizistischen Programms	169
3.3.2	Geschichtliche Entwicklung	171
3.3.2.1	Vorläufer des Logizismus	171
3.3.2.2	Realisierungsversuche des logizistischen Programms bei Frege, Russell und Whitehead	172
3.3.3	Philosophische Prämissen des Logizismus	175
3.3.4	Das Scheitern des Logizismus	176
3.3.4.1	Schwierigkeiten und Widersprüche bei der Durchführung des logizistischen Programms	176
3.3.4.2	Kritik an der logizistischen Konzeption und ihren philosophischen Voraussetzungen	180
3.4	Intuitionistische Mathematik	182
3.4.1	Grundzüge intuitionistischen Denkens in der Mathematik	182
3.4.1.1	Einführung	182
3.4.1.2	Kernpunkte des intuitionistischen Programms	184
3.4.1.3	Radikale Kritik an der klassischen Mathematik	187
3.4.2	Stichpunkte zur geschichtlichen Entwicklung	188
3.4.2.1	Vorläufer des Intuitionismus	188
3.4.2.2	Die Begründung und Entwicklung des intuitionistischen Programms durch Brouwer, Weyl und Heyting	189

3.4.2.3	Die Entstehung des Konstruktivismus	191
3.4.3	Philosophische Voraussetzungen des Intuitionismus	192
3.4.3.1	Mathematik als konstruktives Wirken des Intellekts	192
3.4.3.2	Die intuitionistische Bewertung der Sprache und der Logik	194
3.4.3.3	Philosophische Einordnung des Intuitionismus	196
3.4.4	Kritik am Intuitionismus	197
3.4.4.1	Kritik an den philosophischen Prämissen	197
3.4.4.2	Kritik an den Konsequenzen für die Mathematik	199
3.5	Das Hilbertsche Programm und der Formalismus	200
3.5.1	Einführung	200
3.5.2	Das Hilbertsche Programm einer Fundierung der Mathematik	201
3.5.2.1	Die Ebene des reinen Formalismus	202
3.5.2.2	Die metamathematische Ebene	203
3.5.2.3	Das Ziel des Hilbertschen Programms	205
3.5.3	Zur geschichtlichen Entwicklung des Hilbertschen Programms und des Formalismus	206
3.5.4	Das Hilbertsche Programm und der Formalismus in philosophischer Perspektive	208
3.5.4.1	Die philosophischen Grundlagen des Hilbertschen Programms	208
3.5.4.2	Die Frage nach der philosophischen Einordnung des Formalismus	216
3.5.5	Das Scheitern des Hilbertschen Programms - wichtige limitative Ergebnisse der mathematischen Grundlagenforschung	219
3.5.5.1	Ansatzpunkte einer philosophischen Kritik an formalistischen Positionen und am Hilbertschen Programm	219
3.5.5.2	Die Gödelschen Theoreme	221
3.5.5.3	Weitere limitative Resultate der Grundlagenforschung	230

Zweiter Teil:
Aufbrüche der religiösen Thematik im
Interferenzprozeß zwischen Wissenschaft und
Weltanschauung

0	<i>Überblick</i>	241
1	<i>Max Planck: Das Absolute im Spannungsfeld von Physik und Philosophie</i>	243
1.1	Der Hintergrund der Planckschen Weltanschauung: die Philosophie Kants	243
1.2	Wechselseitige Beeinflussung von Physik und Philosophie	245
1.2.1	Allgemeine Naturgesetze und universelle physikalische Konstanten als Grenze zum Absoluten	245
1.2.2	Das Plancksche Weltbild	247
1.3	Spannungen zwischen Physik und Philosophie: das Problem des Determinismus	251
1.3.1	Die Rolle des Determinismus im Planckschen Weltbild	251

1.3.2	Das Problem der Willensfreiheit	254
1.3.3	Plancks Kampf gegen den Indeterminismus	255
1.4	Religiöse Themen bei Planck	259
1.4.1	Zum Gottesbegriff	259
1.4.2	Konvergenzen zwischen Naturwissenschaft und Religion	261
2	<i>Werner Heisenberg: Erschließung des Göttlichen im Wechselspiel von Physik und Philosophie</i>	265
2.1	Die Philosophie Platons als Grundlage der Heisenbergschen Weltanschauung	265
2.2	Physik und Philosophie im Prozeß wechselseitiger Vertiefung	267
2.2.1	Elementarteilchen und platonische Symmetrie	267
2.2.2	Moderne Physik und Sprachphilosophie	272
2.2.2.1	Sprache und Wirklichkeit	272
2.2.2.2	Probleme der Sprache in der Atomphysik	277
2.3	Philosophie und Physik im Konflikt: die Frage nach den fundamentalen Bausteinen der Materie	281
2.4	Zur religiösen Thematik bei Heisenberg	287
2.4.1	Die Frage nach der Gottheit	287
2.4.2	Naturwissenschaft und Religion als komplementäre Wege zur göttlichen Ordnung	290
3	<i>Heinrich Scholz: Mathematische Logik als Metaphysik - ein Weg zu Gott</i>	295
3.1	Das Grundproblem von Scholz: die Vermittlung des modernen Wahrheitsbewußtseins mit der Religion	295
3.1.1	Zur Person und Rezeption von Scholz	295
3.1.2	Die Kohärenz des Scholzschen Denkens	297
3.1.3	Die Person und Philosophie Leibniz' als Ideal für Scholz	299
3.2	Die Forderung nach Konstitution einer Metaphysik als Konsequenz der Scholzschen Grundfrage	301
3.2.1	Die Notwendigkeit einer Metaphysik als Ergebnis einer Problematisierung der Frage nach der Wahrheit der Religion	301
3.2.1.1	Das Problem der Wahrheit und das Problem der Religion	302
3.2.1.2	Die Frage nach der Wahrheit der Religion	303
3.2.1.3	Die Annahme eines „Intellectus divinus“ als Voraussetzung für einen absoluten Wahrheitsbegriff	305
3.2.1.4	Die metaphysische Problemstellung als Horizont der Frage nach der Wahrheit der Religion	306
3.2.2	Die Unabdingbarkeit der mathematischen Logik für das Konzept einer Metaphysik	307
3.2.2.1	Erste Berührungen mit der mathematischen Logik	307
3.2.2.2	Historische und systematische Verhältnisbestimmung von mathematischer Logik und Metaphysik	308

3.3	Die Verbindung von mathematischer Logik und Metaphysik	310
3.3.1	Der Scholzsche Metaphysikbegriff und die Konzeption einer Metaphysik	310
3.3.2	Die Unterscheidung zweier Formen von Metaphysik und ihr Zusammenhang mit dem Gödelschen Theorem	314
3.4	Zur theologischen Relevanz des Scholzschen Denkens	319

Dritter Teil:

Die veränderte Erkenntnissituation in den Naturwissenschaften und in der Mathematik als Herausforderung zu einem Gespräch

0	<i>Überblick</i>	325
1	<i>Philosophie als Ort eines Dialogs zwischen Naturwissenschaft und Theologie</i>	326
1.1	Wechselwirkungen zwischen wissenschaftlicher Erkenntnis und Weltanschauung in der Person des einzelnen Forschers	326
1.2	Grundlagendiskussionen in den Wissenschaften als Spiegel der Auseinandersetzung zwischen philosophischen Positionen	332
1.2.1	Grundlagenfragen der Quantenphysik in philosophischer Perspektive	332
1.2.1.1	Unbestimmtheit und holistische Verschränkung von Systemen	332
1.2.1.2	Das Meßproblem	333
1.2.1.3	Symmetrien	334
1.2.2	Die Grundlagendiskussion in der Mathematik aus philosophischer Sicht	335
1.2.2.1	Fundierungsprogramme und ihr philosophischer Hintergrund	335
1.2.2.2	Das Scheitern der Grundlegungsprogramme und seine philosophischen Konsequenzen	337
1.3	Rahmenbedingungen für einen naturwissenschaftlich-theologischen Dialog	339
1.3.1	Der Dialog zwischen Disziplinen	339
1.3.2	Das Gespräch zwischen Personen	342
2	<i>Relevante Themen für ein Gespräch zwischen Naturwissenschaft und Theologie</i>	346
2.1	Grundlagenresultate in den Naturwissenschaften und in der Mathematik	346
2.1.1	Die Revision der Annahme universeller Kausalgesetzlichkeit	346
2.1.2	Unberechenbarkeit und Komplexität bei chaotischen Prozessen	349
2.1.2.1	Das Auseinanderfallen von Determination und Berechenbarkeit	349
2.1.2.2	Chaotische Prozesse als Prozesse fundamentaler Komplexität	350
2.1.3	Grenzen wissenschaftlicher Theorien	351
2.1.3.1	Unvollständigkeit	352
2.1.3.2	Das Problem der Widerspruchsfreiheit	356

2.2	Grundlagenresultate als Anstöße zu einem Gespräch	358
2.2.1	Zur theologischen Rezeption der Begriffe „Zufall“ und „Selbstorganisation“	358
2.2.1.1	Der Zufall in der Mikrophysik als Ausdruck von Kontingenz und Spontaneität	358
2.2.1.2	Die Deutung selbstorganisierender Prozesse aus schöpfungstheologischer Perspektive	362
2.2.2	„Glaube“ im mathematischen und naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozeß?	365
	<i>Abkürzungen</i>	373
	<i>Quellen- und Literaturverzeichnis</i>	374
	<i>Personenregister</i>	391